

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Prof. Dr. med. dent. Hans Lenz)
des Instituts für Klinisch-Theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereichs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

**MIKROSONDENUNTERSUCHUNG ZUR BESTIMMUNG
DES MINERALISATIONSGRADES
VON PRÄ- UND POSTNATAL GEBILDETEN
SCHMELZANTEILEN MENSCHLICHER MILCHZÄHNE**

Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Dipl. oec. throph., Zahnärztin Ursula Lulse Kirchner
aus Diemelstadt-Rhoden

1978

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Prof. Dr. med. dent. Hans Lenz)
des Instituts für Klinisch-Theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereichs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

**MIKROSONDENUNTERSUCHUNG ZUR BESTIMMUNG
DES MINERALISATIONSGRADES
VON PRÄ- UND POSTNATAL GEBILDETEN
SCHMELZANTEILEN MENSCHLICHER MILCHZÄHNE**

Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Dipl. oec. throph., Zahnärztin Ursula Luise Kirchner
aus Diemelstadt-Rhoden

Referent: Professor Dr. Hans Lenz

Korreferent: Professor Dr. H. Newesely

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 14.6.1978

Druck: Zentrale Universitätsdruckerei, V a A 4



Meiner Familie



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548401_0029

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	2
3. Material und Methode	10
3.1. Material	10
3.2. Methode	10
3.2.1. Die Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung	10
3.2.2. Herstellung der Dünnschnitte	11
3.2.3. Präparate-Übersicht	13
3.2.4. Apparative Methode	20
3.2.5. Mikrosonde	20
4. Ergebnisse	24
4.1. Lichtmikroskopische Befunde	24
4.2. Mikrosondenergebnisse	26
5. Diskussion	32
6. Zusammenfassung	42
7. Tabellen, Fotos, Schemazeichnungen	43
8. Abkürzungsverzeichnis	58
9. Literaturverzeichnis	59

1. Einleitung

Allgemein wird angenommen, daß der postnatale Schmelz schlechter mineralisiert ist als der pränatale. Dieser Mineralisationsunterschied wird von einigen Autoren sogar für die Entstehung der zirkulären Milchzahnkaries verantwortlich gemacht. Frühere chemische, polarisations-optische, mikroradiographische und autoradiographische Untersuchungen bestätigen diese Ansichten.

Andererseits liegen mikroradiographische densitometrische Untersuchungen vor, bei denen keinerlei Mineralisationsunterschiede festgestellt werden konnten.

Um diese Diskrepanzen zu klären, war es Aufgabe der vorliegenden Arbeit, mit neuen Methoden, z. B. der Mikrosonde, den prä- und postnatal gebildeten Schmelz post-eruptiv auf den relativen quantitativen Mineralgehalt hin zu untersuchen.

Mit der Element-Röntgenanalyse können Strukturen bis in die Größenordnung der feineren Gefügedimensionen durch direkte Oberflächenabtastung des Zahnschmelzes erfasst und dadurch die Elemente zerstörungsfrei bestimmt werden.

2. Literaturübersicht

Um die kariösen Veränderungen der Zahnhartsubstanz besser verstehen und beurteilen zu können, ist es von wesentlicher Bedeutung, ihre Struktur und Zusammensetzung zu kennen. Daher standen Untersuchungen zur Erfassung des quantitativen und qualitativen chemischen Aufbaues der Zahnhartsubstanzen lange Zeit im Mittelpunkt wissenschaftlicher Betrachtungen. Im Rahmen dieses Themas sollen aus der bestehenden Literatur einige grundlegende Ergebnisse der qualitativen, semiquantitativen und quantitativen Untersuchungsmethoden zur Erfassung der anorganischen Schmelzfraction hervorgehoben werden.

Die Bestandteile des Zahnes wurden zunächst mit Flotationsmethoden separiert und sodann mit Titrationsmethoden die anorganische Komponente bestimmt (KRAMER-TISDALL, 1921; BREKHUS und ARMSTRONG, 1935; BREMER, 1938; MANLY und HODGE, 1939; LEICESTER, 1949 u. a.). Hiermit war es jedoch nur möglich, die Bestandteile des Gesamtzahnes zu analysieren, nicht aber den Mineralisationsgrad an verschiedenen Stellen derselben Zahnhartsubstanz.

Folgerungen auf den Mineralisationsgrad der einzelnen Zahnhartsubstanzen wurden aus lichtmikroskopischen Untersuchungen gezogen. Bei der Durchmusterung von Milchzahnschliffpräparaten beobachteten K. und G. TOVERUD

(1931) zwei unterschiedliche Abschnitte im Schmelz, die durch einen mehr oder weniger starken akzentuierten Retzius-Streifen getrennt sind. Sie interpretierten den helleren, transparenteren Abschnitt als besser mineralisierten Bereich, im Gegensatz zu dem dunkleren, opakeren Bereich, den sie für mindermineralisiert hielten. Der markante Retzius-Streifen wurde als Hypoplasie im Schmelz gedeutet. RUSHTON (1933) beschrieb als Erster die Geburtslinie, die SCHOUR (1936) als Neonatal-Linie bezeichnete.

Die Neonatal-Linie oder auch Geburtslinie trennt den pränatal gebildeten Schmelz vom postnatal gebildeten. Da sich die einzelnen Zähne des Milchgebisses zum Zeitpunkt der Geburt in unterschiedlichem Ausbildungszustand befinden, ist die jeweilige Neonatal-Linie in verschiedenen Schmelzregionen lokalisiert.

Die Bildung der Milchzähne beginnt in der 6.-Embryonalwoche. Zur Zeit der Geburt sind die Milchzahnkronen bei fast allen Zähnen mehr oder weniger ausgebildet. Bei den Inzisivi ist die Schmelzbedeckung entweder ganz oder bis auf nur einen schmalen zervikalen Saum, (bei I schmäler als bei II), bei den Eckzahnkronen etwa zur Hälfte oder mehr, den Molaren weniger als zur Hälfte, ausgebildet. Demzufolge liegt die Neonatal-Linie als Markierung

zwischen intrauterin und postnatal gebildetem Schmelz bei den Inzisivi ca. 1 mm über der Schmelz-Zement-Grenze oder etwas mehr inzisalwärts, bei den Eckzähnen etwa in der Mitte oder dem oberen Drittel der Krone und den Molaren von der Mitte bis ca. 1-2 mm unter den Höcker-spitzen, wie die Abb. 1 zeigt.

Bei stärkerer lichtoptischer Vergrößerung können im postnatal gebildeten Schmelz deutlich hervortretende Retzius-Streifen beobachtet werden. Dies wird von einigen Autoren (K. und G. TOUVERUD, 1931) ebenfalls als ein Zeichen minderer Verkalkung gedeutet und die Schmelzregionen als hypoplastisch und somit auch als loci minoris resistentiae bezeichnet, während GUSTAFSON und GUSTAFSON (1967) bei mikroradiographischen Untersuchungen eine Hypermineralisation zu erkennen glaubten.

Nach den Beobachtungen von MELLANBY (1927, 1934) bleibt der pränatal gebildete Schmelz im Gegensatz zum postnatalen oftmals frei von Karies. Diese Beobachtungen wurde durch Untersuchungen von MASSLER, SCHOUR und PONCHER (1941) bestätigt. Sie glaubten daraus den Schluß ziehen zu können, daß der pränatal gebildete Schmelz besser mineralisiert sei, als der postnatale, eine Ansicht, die später von der Mehrzahl der Untersucher geteilt wird.

E. HARNDT (1950) sieht in der Hypomineralisation des

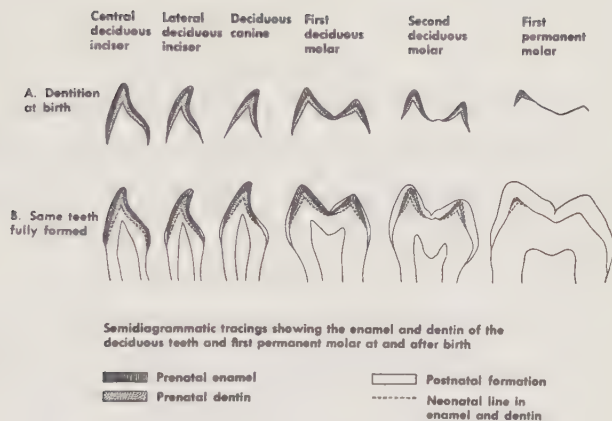


Abb. 1

Die Schmelz- und Dentinbildungsstadien im Milchgebiß und beim ersten bleibenden Molar zum Zeitpunkt der Geburt und posteruptiv (aus SCHOUR, I. : J.A.D.A. 23: 1946, 1936)

postnatalen Schmelzes eine der Ursachen für das Zustandekommen der zirkulären Milchzahnkaries.

Aussagen über den Mineralisationsgrad in verschiedenen Bereichen des selben Zahnes wurden durch die Entwicklung der Mikroradiographie und der Röntgende-fraktionsanalyse ermöglicht (BÖDECKER und APPLEBAUM, 1931; APPLEBAUM, 1932; HEIWINKEL, 1932 u. a.).

APPLEBAUM, HOLLANDER und BÖDECKER (1933) verbesserten ihre Untersuchungsmethoden und ermöglichten die mikroradiographische Darstellung der Hunter - Schregerschen - Streifen, Owens-Linien und Retzius-Linien. Sie vermuteten, daß diese Strukturen durch Variationen des Mineralisationsgrades zustande kommen.

THEWLIS (1932, 1934) fand bei radiographischen Analysen, daß die äußere Schmelzschicht besser mineralisiert ist als die innere. Diese Befunde wurden von HOLLANDER und SAPER (1935) diskutiert und als abbildungstechnische Artefakte (Mackie line) erklärt. 1937 gab THEWLIS zwar zu, daß dieses Phänomen teilweise ein photographischer Artefakt war, konnte aber zum anderen eine Hypermineralisation der äußeren Schmelzschicht nachweisen. Er fand eine graduell anwachsende "Verkalkung" von der Schmelz-Dentin-Grenze ausgehend bis zur Schmelzoberfläche.

Die bisherigen Untersuchungsmethoden waren vielen Wissenschaftlern nicht exakt genug, daher beschäftigten sie sich mit der Erarbeitung genauerer Methoden.

Die von APPLEBAUM et al. (1935 - 1948) beschriebenen Vorgehensweisen wurden zur relativen Ca - Bestimmung von VAN HUYSEN, HODGE, WARREN und BISHOP (1933) modifiziert.

Sie bestrahlten bei mikroradiographischen Untersuchungen parallel zum Versuchsobjekt (etwa 100 ~~m~~ dick) einen Al-Stufenkeil als Standard für die Röntgenabsorption bei 30 KV und 30 mA. Densitometrische Messungen des entwickelten Films konnten mit der Röntgenstrahlabsorption des Standardkeils verglichen werden. Die Fehlerquote lag bei weniger als 5% für Doppelbestimmungen.

HODGE, VAN HUYSEN, WARREN et al. (1935 - 1938) untersuchten "factors influencing the quantitative measurement of the roentgen ray absorption of tooth slabs" und fanden bei einer Schichtdicke von $\pm$ 0,02 mm im Schmelz densitometrische Fehler von weniger als 5 %.

Die bis dahin von den meisten Autoren vertretene Ansicht, daß der postnatale Schmelz schlechter mineralisiert sei, wurde von RUSHTON (1933, 1939) in Frage gestellt. Er untersuchte 50 Milchzahnschnitte polarisationsoptisch und schloß daraus auf eine bessere Mineralisation des

postnatalen Schmelzes.

HAMMARLUND - ESSLER (1958) fand bei mikroradiographisch-densitometrischen Untersuchungen keinen Unterschied zwischen der prä- und postnatalen Schmelzmineralisation.

Die Widersprüchlichkeit der verschiedenen Auffassungen zur prä- und postnatalen Mineralisation konnte bis heute noch nicht geklärt werden. Dies mag zum einen daran liegen, daß sehr unterschiedliche Analysen-Methoden verwendet wurden, deren Aussagen und Aussagemöglichkeiten begrenzt sind z. B. das Auflösungsvermögen der verwendeten Mikroskope, und zum anderen durch Fehlermöglichkeiten bei der Präparat-Herstellung bedingt sein.

Drei hauptsächliche Meinungen zur Schmelzmineralisation stehen einander gegenüber:

1. der pränatal gebildete Schmelz ist besser mineralisiert
2. der postnatal gebildete Schmelz ist besser mineralisiert
3. es bestehen keine prä- und postnatalen Mineralisationsunterschiede.

Auch elektronenmikroskopische Untersuchungen konnten hier keine Klärung finden. HELMCKE (1955) betrachtet das Zustandekommen der Retziuslinien nicht als Hypomineralisation, sondern als strukturelle Änderung in der Ver-

laufsrichtung der einzelnen Kristalle der Schmelzprismen. Diese Richtungsänderung führt bei licht- und polarisationsmikroskopischer Betrachtungsweise zu Beugungseffekten, die sich als dunklere Regionen darstellen. Solche Scheinphänomene täuschen elektronenmikroskopisch nicht nachweisbare Strukturen vor.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die konventionellen Arbeitsweisen wie z. B. der Einsatz der Durchlicht- und Polarisations-Mikroskopie, der Mikro- und Autoradiographie, den analytischen Grenzfall der quantitativen Nachweisbarkeit von Phasen, wie hier z. B. Ca und P, bei einem Durchmesser von kleiner als $1\text{ }\mu\text{m}$ nicht zufriedenstellend lösen konnte.

Neuerdings erlaubt jedoch der Einsatz der Mikrosonde mit ihren wellenlängen- und energiedispersiven Systemen auch bei niedrigen Mineralkonzentrationen eine exakte Element-Analyse.

Die Vorteile dieser Methode sind:

1. hohe spektrale Auflösung
2. qualitative und quantitative Untersuchungen größerer Gefügebereiche in kompakten Proben oder an isolierten Teilchen über einen Flächenbereich bis zu 1 mm^2
3. direkte Oberflächenattastung des Zahnschmelzes und somit eine zerstörungsfreie Elementbestimmung.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, mit kombinierten Untersuchungsmethoden mittels der Lichtmikroskopie und der Mikrosonde die aus der Literatur bekannten Diskrepanzen zu klären.

3. Material und Methode

3.1. Material

Insgesamt wurden 35 aus kieferorthopädischen und parodontalen Indikationen extrahierte Milchzähne von 7 bis 11 jährigen deutschen und brasilianischen Kindern untersucht. Die Zähne wurden unter Berücksichtigung ihrer Entwicklung und ihres Durchbruchs so selektiert, daß prä- und postnataler Schmelz in verschiedenen Regionen studiert werden konnte (siehe Abb. 2). Unmittelbar nach der Extraktion wurden die Milchzähne deutscher Kinder nach Vorbehandlung in Kunststoff eingebettet. Die Milchzähne brasilianischer Kinder wurden bis zur Einbettung in einer Mischung aus 60 Teilen 95%igem Alkohol, 15 Teilen Glyzerin und 25 Teilen destilliertem Wasser aufbewahrt.

3.2. Methode

3.2.1. Die Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung:

Unmittelbar nach der Extraktion wurden die Zähne mindestens 6 Stunden in 5%igem, aus 7,2 - 7,4 phosphatgepuffertem Glutaraldehyd im Kühlschrank bei 6° C aufbewahrt. Die Nachfixierung und Einbettung der Präparate schloß sich wie folgt an:

- a) mit physiologischer NaCl-Lösung ausgewaschen und
- b) in ein Phosphatpuffergemisch von pH 7,2 - 7,4 für mindestens 18 Stunden gegeben.
- c) Darauf in veronalazetatgepufferter, isotonischer OsO_4 -Lösung von pH 7,2 über 2 Stunden fixiert und
- d) mit physiologischer NaCl-Lösung abspülen.
- e) Entwässern: 5 Minuten in 50%-igem Alkohol
5 Minuten in 75%-igem Alkohol
5 Minuten in 95%-igem Alkohol
2 x 10 Minuten in absolutem Alkohol
1 x 30 Minuten in absolutem Alkohol
überspülen mit Styrol
3 x 30 Minuten in Styrol
- f) Überführen in Mikopal-Styrol im Verhältnis 1:1 (mit Katalysator und Aktivator) für eine Stunde.
- g) Überführen in Mikropal (mit Katalysator und Aktivator) für 24 Stunden bei Zimmertemperatur.
- h) Einbringen der Präparate in Eiswürfelkästchen; ausfüllen mit Mikropal (mit Katalysator und Aktivator) und evakuieren.
- i) Polymerisieren über 12 - 36 Stunden bei 60°C im Trockenschrank.

3.2.2. Herstellung der Dünnschnitte

Mit Hilfe einer Präzisionsschneidemaschine (Firma Dr. STEEG und REUTER) wurden die im Kunststoffblock liegenden unentkalkten Zähne in koronal-pulpaler Richtung

in 0,3 - 0,5 mm dicke Serienschritte zerlegt. Zur Vermeidung von zu hohen Schleiftemperaturen wurde die diamantierte Separierscheibe ständig mit Wasser gekühlt. Um Defekte am Schmelz zu vermeiden, mußte die Separierscheibe einigemale nachgeschärft werden. Aus den gleichen Gründen mußte der Schneidvorgang in der Schnittgeschwindigkeit mit der Diamantscheibenumdrehung abgestimmt werden. Bei zu schnellem Durchtrennen des Kunststoff-Zahnblocks kommt es sonst zu erhöhten Temperaturen und Rissen in der Schmelzschicht. Die Zahnsegmente wurden bis zu einer Dicke von 50 - 80 μ planparallel heruntergeschliffen und mit feinstkörnigem Diamantpulver beiderseitig poliert. Um Schmelzrisse durch Austrocknen und Verbiegungen zu vermeiden, wurden die Dünnschliffe zwischen zwei Deckgläsern in einer feuchten Kammer bis zur Weiterverarbeitung aufbewahrt.

3.2.3. Präparate-Übersicht

Aus dem zur Verfügung gestandenen Zahnmaterial wurden nach klinischen, makroskopischen und lichtmikroskopischen Voruntersuchungen einzelne auserwählte Zahnschliffe für die durchlichtmikroskopische und mikrosonden Analyse vorbereitet.

1. Zahnpräparat Nr. 3

Zahn	: 54
Alter des Patienten	: 7 - 8 Jahre
Nationalität des Patienten	: Brasilianer (Amazonas)
Allgemeiner klinischer Befund	: Askariasis, Oxyuriasis
Zahnmedizinischer Befund	: okklusale Caries profunda (Cp)
Makroskopischer Befund	: Extraktion wegen Cp, schlechte Mundhygiene
Lichtmikroskopischer Befund	: gut sichtbare Neonatal- linie, markante Retzius- Linien
Kostform	: Reis, Manjoka, Bohnen

2. Zahnpräparat Nr. 5

Zahn	: 64
Alter des Patienten	: 7 - 8 Jahre
Nationalität des Patienten	: Brasilianer (Amazonas)
Allgemeiner klinischer Befund	: Askariasis und andere Kinderkrankheiten

Zahnmedizinischer Befund	:	Karies
Makroskopischer Befund	:	Extraktionsgrund unbekannt, schlechte Mundhygiene
Lichtmikroskopischer Befund	:	sichtbare Neonatallinie, markante Retzius-Linien
Kostform	:	Reis, Manjoka, Bohnen

3. Zahnpräparat Nr. 7

Zahn	:	73
Alter des Patienten	:	8 Jahre
Nationalität des Patienten	:	Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund	:	ohne Befund
Zahnmedizinischer Befund	:	ohne Befund
Makroskopischer Befund	:	Extraktion, Grund unbekannt
Lichtmikroskopischer Befund	:	gut sichtbare Neonatallinie
Kostform	:	unbekannt

4. Zahnpräparat Nr. 8

Zahn	:	55
Alter des Patienten	:	9 Jahre
Nationalität des Patienten	:	Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund	:	Kinderkrankheiten
Zahnmedizinischer Befund	:	ohne Befund
Makroskopischer Befund	:	Extraktionsgrund unbekannt

Lichtmikroskopischer Befund : gut sichtbare Neonatal-
linie
Kostform : Mischkost

5. Zahnpräparat Nr. 13

Zahn : 74
Alter des Patienten : 8 Jahre
Nationalität des Patienten : Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund : Kinderkrankheiten
Zahnmedizinischer Befund : ohne Befund
Makroskopischer Befund : Extraktion aus kiefer-
orthopädischen Gründen
Lichtmikroskopischer Befund : gut sichtbare Neonatal-
linie
Kostform : Mischkost

6. Zahnpräparat Nr. 17

Zahn : 54
Alter des Patienten : 8 Jahre
Nationalität des Patienten : Brasilianer (Amazonas)
Allgemeiner klinischer Befund : fibrige Erkrankungen un-
bekannter Ätiologie,
Askariasis
Zahnmedizinischer Befund : okklusale Caries profunda
Makroskopischer Befund : Extraktion wegen Cp,
schlechte Mundhygiene
Lichtmikroskopischer Befund : gut sichtbare Neonatal-
linie, mehrere markante

Retzius-Linien

Kostform : Reis, Manjoka, Bohnen

7. Zahnpräparat Nr. 21

Zahn : 74

Alter des Patienten : 8 - 9 Jahre

Nationalität des Patienten : Deutscher (Berlin)

Allgemeiner klinischer Befund : Kinderkrankheiten

Zahnmedizinischer Befund : Füllung okklusal

Makroskopischer Befund : physiologischer Verlust

Lichtmikroskopischer Befund : gut sichtbare Neonatal
linie

Kostform : Mischkost

8. Zahnpräparat Nr. 25

Zahn : 64

Alter des Patienten : 8 - 9 Jahre

Nationalität des Patienten : Brasilianer (Amazonas)

Allgemeiner klinischer Befund : Askariasis und andere
unspezifische Erkrankungen

Zahnmedizinischer Befund : okklusale Caries profunda

Makroskopischer Befund : Extraktion wegen Cp

Lichtmikroskopischer Befund : sichtbare Neonatallinie,
markante Retzius-Linien

Kostform : Reis, Manjoka, Bohnen

9. Zahnpräparat Nr. 26

Zahn	:	84
Alter des Patienten	:	9 Jahre
Nationalität des Patienten	:	Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund	:	ohne Befund
Zahnmedizinischer Befund	:	Füllung okklusal
Makroskopischer Befund	:	physiologischer Verlust
Lichtmikroskopischer Befund	:	sichtbare Neonatallinie
Kostform	:	Mischkost

10. Zahnpräparat Nr. 28

Zahn	:	85
Alter des Patienten	:	10 Jahre
Nationalität des Patienten	:	Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund	:	Kinderkrankheiten
Zahnmedizinischer Befund	:	distal Karies
Makroskopischer Befund	:	Extraktion aus kiefer- orthopädischen Gründen
Lichtmikroskopischer Befund	:	gut sichtbare Neonatal- linie
Kostform	:	Mischkost

11. Zahnpräparat Nr. 30

Zahn	:	55
Alter des Patienten	:	10 Jahre
Nationalität des Patienten	:	Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund	:	Kinderkrankheiten
Zahnmedizinischer Befund	:	ohne Befund

Makroskopischer Befund : physiologischer Verlust
Lichtmikroskopischer Befund : sichtbare Neonatallinie
Kostform : Mischkost

12. Zahnpräparat Nr. 32

Zahn : 74
Alter des Patienten : 10 - 11 Jahre
Nationalität des Patienten : Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund : Kinderkrankheiten
Zahnmedizinischer Befund : ohne Befund
Makroskopischer Befund : kieferorthopädischer
Grund
Lichtmikroskopischer Befund : gut sichtbare Neonatal-
linie
Kostform : Mischkost

13. Zahnpräparat Nr. 33

Zahn : 84
Alter des Patienten : 9 - 10 Jahre
Nationalität des Patienten : Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund : Kinderkrankheiten
Zahnmedizinischer Befund : ohne Befund
Makroskopischer Befund : physiologischer Zahn-
verlust
Lichtmikroskopischer Befund : Neonatallinie - gut
sichtbar
Kostform : Mischkost

14. Zahnpräparat Nr. 35

Zahn	:	54
Alter des Patienten	:	9 - 10 Jahre
Nationalität des Patienten	:	Deutscher (Berlin)
Allgemeiner klinischer Befund	:	Kinderkrankheiten
Zahnmedizinischer Befund	:	ohne Befund
Makroskopischer Befund	:	physiologischer Zahn- verlust
Lichtmikroskopischer Befund	:	Neonatallinie, gut sichtbar
Kostform	:	Mischkost

3.2.4. Apparative Methode:

Folgende Beobachtungen und Messungen wurden an prä- und postnatal identischen Stellen an mittleren koronarpulpalen Längsschliffen der verschiedenen Präparate, entsprechend Abb. 2 mit kombinierten Untersuchungsmethoden durchgeführt:

1. lichtmikroskopische Untersuchung der topographischen Längsschnittstruktur und Festlegung der Messpunkte in einer Schemazeichnung des jeweiligen Zahnschnittes
2. wellenlängendispersive Mikrosondenanalyse mit 15 KV, 20 μ A sc und defokussiertem Brennfleck 20 μ m².

3.2.5. Mikrosonde:

Die Elektronenstrahlmikrosonde eignet sich besonders zur Analyse kleiner Probenbereiche, d. h. die prä- und postnatalen Schmelzregionen können an definierten Stellen untersucht werden. Das Meßprinzip ist dem der Röntgenfluoreszenzanalyse ähnlich, nur wird die Röntgenemission der Probe nicht durch Röntgenstrahlung sondern durch Elektronenstrahlen angeregt. Durch die Fokussierung des Elektronenstrahls ist es möglich, Probenbereiche von ca. 5 μ m $\varnothing$ zu analysieren.

Beim Schmelz mit einer angenommenen Dichte für Hydroxylapatit von $\rho = 3,15$ (PAULICH und NEMESELY, 1968) muß der Brennfleck defokussiert (20 μ m²), die Strahlspannung für

das angeregte Volumen der K_{α} -Strahlung auf 15 KV und der Probenstrom auf 20 μ A eingestellt werden um eine Veränderung der Mikrostruktur und mögliche Elementverschiebungen zu vermeiden. Durch die Anwendung niedriger Hochspannung (15 KV) kann ein laterales Auflösungsvermögen (ANDERSEN und HÄSLER, 1965) von nur einigen μ m und eine maximale Tiefe von nur 2 μ m (ANDERSEN, 1965) erzielt werden. Der Energieverlust des Elektronenstrahls kann somit gering gehalten werden. Ist die Eindringtiefe größer als 30 - 50 μ m und die laterale Auflösung um 100 μ m, kann eine "Mikroanalyse" des Gewebes und eine morphologische Korrelation nicht mehr durchgeführt werden.

Bei wellenlängendispersiven Analysen wird das Röntgenspektrum nach dem Braggschen Gesetz $n = 2d \sin \theta$ ¹⁾ über einen beugenden Kristall zerlegt, wobei halbfokussierende Spektrometer oder vollfokussierende Linear-spektrometer verwendet werden können. Im Vergleich zu den energiedispersiven Analysen z. B. halbquantitative Mikroröntgenanalysen mit dem Raster-Elektronenmikroskop, ist die spektrale Auflösung der wellenlängendispersiven Spektrometer um etwa eine Zehnerpotenz besser. Die Begrenzung der Elementnachweise gegen niedrige Ordnungszahlen beim energiedispersiven Spektrometer liegen heute bei der Ordnungszahl 11, also Na. Das wellenlängendispersive Spektrometer erlaubt Elementbestimmungen bis

- 1) d = Netzebenenabstand des Kristalls
 θ = Glanzwinkel

herab zum Bor bzw. Beryllium. Die Nachweisgrenze der Elemente ist außerdem von der Topographie der Probe abhängig.

Die Oberfläche der zu analysierenden Proben muß daher plangeschliffen und poliert werden, um topographisch bedingte Änderungen der registrierten Röntgen-Intensität zu vermeiden, die zu einer Verfälschung des Analyseergebnisses führen würden. Die Proben wurden nach dem Schleifen mit Diamantpulver poliert. Um Aufladungen der isolatorähnlichen Proben durch die eingeschlossenen Elektronen zu vermeiden, mußten diese vor der Messung mit Kohlenstoff bedampft werden. Gemessen wurde Ca und P.

Für die Elementbestimmung im Schmelz ergaben sich folgende Schwierigkeiten: Durch die Anordnung der Prismen und ihrer submikroskopischen Bauelemente sowie der unterschiedlichen Härte des Schmelzes, läßt sich nur eine bedingt ebenpolierte Schmelzfläche herstellen. Diese Unebenheiten führen zu Abschattungseffekten. Diese Effekte konnten auch durch sehr sorgsame Präparation nicht ausgeschlossen werden.

Auf die Herstellung von Hydroxylapatit-Standard wurde verzichtet, denn der Mineralisationsmodus des Schmelzes ist nur bedingt reproduzierbar. Da nicht jeder Zahnschliff Punkt für Punkt geprüft werden kann, wurden die Umrisse ausgewählter Serienschnitte schematisch darge-

stellt und darin ausgewählte Meßpunkte festgelegt (siehe Abb. 2).

Relative Konzentrationsvergleiche wurden für Ca und P in folgenden Regionen des Milchzahnschmelzes mit Hilfe von Flächen- und Liniendiagrammen mittels der Mikrosonde von der Schmelz-Dentin-Grenze bis zur Schmelzoberfläche durchgeführt:

1. zervikale Schmelzregion
2. mittlere Schmelzregion
3. inzisale bzw. koronale Schmelzregion

Die Messung muß an nahe zueinander liegenden Orten erfolgen, um eine Vergleichsmöglichkeit zu bieten, denn der Zustand des Schmelzes ändert sich von Punkt zu Punkt.

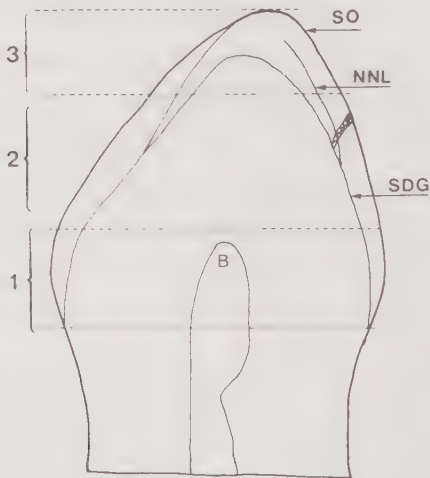


Abb. 2 Umriss des Längsschliffes vom Eckzahn mit eingezeichneten Meßregionen 1 - 3; Meßpunkte an der Schmelz-Dentin-Grenze (SDG), Meßpunkte etwa in der Mitte der entsprechenden Prismenregion NNL oder RZ, Meßpunkte an der äußeren Schmelzgrenze (SO), Verg. 9,5 : 1

4. Ergebnisse:

4.1. Lichtmikroskopische Befunde:

Aus der gesamten Untersuchungsreihe seien zunächst zwei Präparate mit besonders markanter Neonatal-Linie (NNL) (Abb. 3) bzw. markanten Retzius-Streifen (RZ) (Abb. 4) exemplarisch herausgegriffen und beispielhaft zum besseren Verständnis der Analysenergebnisse bildlich dargestellt. Auch bei anderen untersuchten Präparaten zeigen die Neonatal-Linien, abhängig vom Entwicklungsstadium des einzelnen Zahnes zum Zeitpunkt der Geburt, an ähnlichen Stellen einen gleichen Linienverlauf; darum kann auf eine ausführliche Bilddokumentation aller Ergebnisse verzichtet werden.

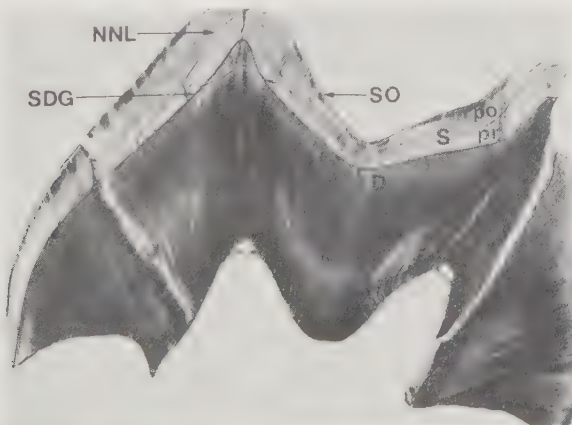


Abb.3 (Vergrößerung 9,5 x)
 Zahnpräparat Nr 7 / Serienschnitt Nr. 6
 Lichtmikroskopisches Topographiebild: Dünnschliff eines menschlichen Milchzahnes mit prä- und postnatalem Anteil des Schmelzes.

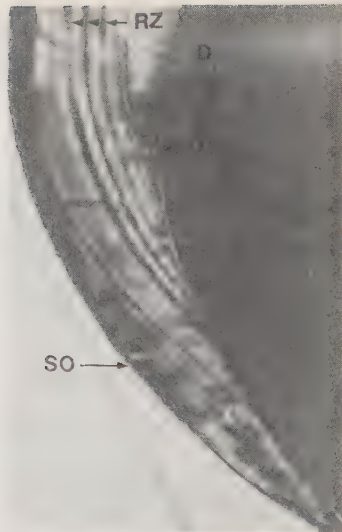


Abb. 4 Ausschnittvergrößerung von Zahnpräparat Nr. 3 zervikale Region, deutlich sichtbare Retzius-Streifen (RZ)

Bei den ausgewählten Schliffpräparaten menschlicher Milchzähne aus dem Amazonasgebiet und Berlin ist der prä- und postnatal gebildete Schmelz bei durchlichtmikroskopischer Betrachtung meist deutlich durch die Neonatal-Linie getrennt, sichtbar.

Im postnatalen Schmelz treten besonders bei den Milchzähnen der Amazonaskinder (Zahnpräparate Nr. 3, 5, 17, 25) die Retzius-Streifen markanter und gehäuft, als bei denen der Berliner Kinder auf und bestimmen damit das lichtoptische Bild des Schmelzes. Die bräunlich erscheinenden Retzius-Linien verlaufen von der Schmelz-

Dentin-Grenze in schräger Richtung nach okklusal. An den Inzisalkanten bzw. Höckerspitzen sitzen sie der Schmelz-Dentin-Grenze hufeisenartig auf. Sie treten mehr oder weniger rhythmisch und breit auf. Die Schmelzoberflächen erscheinen in allen Schliffpräparaten dunkler und trüber als der übrige Schmelz. Wird das Präparat unter der Lichtquelle verschoben, so sind die zuvor dunkler erscheinenden Randzonen bei einigen Zahnschliffen kaum noch sichtbar oder treten an benachbarten Regionen deutlicher hervor.

Der postnatal gebildete Schmelz erscheint in einigen Schliffpräparaten heller und homogener als der prä-natale Schmelz.

Im Schmelz ersichtliche Kracks sind möglicherweise im Laufe der Präparatherstellung oder bei der Extraktion entstanden.

Bei Milchzahnpräparat Nr. 21 und 28 liegt eine Glattflächenkaries im Approximalbereich vor, die übrigen Schliffpräparate zeigen entweder okklusale Karies oder sind ohne kariösen Befund.

4.2. Mikrosondenergebnisse:

Bei der Interpretation der Ergebnisse der wellenlängen-

dispersiven Flächendiagrammen für Ca und P wird besonders der zervikale, mittlere und inzisale Schmelzbereich von der Schmelz-Dentin-Grenze (SDG) bis zur Schmelzoberfläche (SO) an 14 ausgewählten Milchzähnen untersucht und an Hand von Photographien, Schemazeichnungen und Tabellen der relative Mineralgehalt in verschiedenen Regionen und Richtungen dargestellt und verglichen (Tabelle A und B, 1 - 14).

An größeren Schliffen wurden entsprechend mehr Flächen-diagramme erstellt. Die gewählten Meßpunkte an der Schmelz-Dentin-Grenze (SDG_1 , SDG_2 , SDG_3) und an der äußeren Schmelz-Grenze (SO_1 , SO_2 , SO_3) liegen intra-regional in möglichst gleichen oder benachbarten Prismen-bereichen (siehe Richtung des Pfeiles in den Schema-zeichnungen). Bei breiteren Schmelzschichten wurde ein weiteres Flächendiagramm in der Mitte zwischen Schmelz-Dentin-Grenze und Schmelzoberfläche und / oder unmittelbar auf / neben der Neonatal-Linie (NNL) bzw. den markanten Retzius-Linien (RZ) gemessen.

Für jeden dieser Punkte wurde die K_{α} - Zählrate für Ca und P in mindestens 2 benachbarten Meßpunkten mit einem Computer festgehalten und daraus der Mittelwert für jeden einzelnen Meßpunkt errechnet, indem die Summe (S) der Einzelwerte (S_a) durch deren Anzahl (N) dividiert wurde.

$$\text{Durchschnitt} = \bar{a} = \frac{S_a}{N}$$

Die Mittelwerte der Zählraten für I. Ca K_{α} und II. P K_{α} der Messbereiche 1, 2, 3, für die Schmelz-Dentin-Grenze, Neonatal-Linie und Schmelzoberfläche wurden sowohl inter-regional (Tab. A, 1 - 14) als auch intraregional (Tab. B, 1 - 14) in Bezug gesetzt und die prozentuale Abweichung von z. B. SDG_1 zu SDG_2 zu SDG_3 zu SDG_1 und SDG_1 zu NNL_1 zu SO_1 berechnet.

$$\Delta z = \frac{\bar{a}^1 - \bar{a}^2}{\bar{a}^1} \cdot 100$$

Nach MANN - WHITNEY ²⁾ wurde der U - Test zur Erfassung statistisch signifikanter Abweichungen angewandt. Der inter- und intraregionale Vergleich der Mittelwerte für die Schmelz-Dentin-Grenze, Neonatal-Linie und Schmelz-Oberfläche ergibt folgende Aussagen:

Der Impulsraten-Mittelwert für Ca K_{α} und P K_{α} steigt von zervikal nach inzisal bzw. koronal d. h. inter-regional (Tab. A, 1 - 14) sowohl an der Schmelz-Dentin-Grenze als auch an der Neonatal-Linie und an der Schmelz-Oberfläche geringfügig an.

Intraregional (Tab. B, 1 - 14) ist im zervikalen, mittleren und inzisalen bzw. koronalen Kronendrittel von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Schmelzoberfläche ebenfalls ein minimaler Impulsratenanstieg zu verzeichnen.

Die Amazonas-Schliffpräparate zeigen teilweise einen stärkeren Impulsratenanstieg als die der Berliner-Schliffpräparate.

2) Aus SIDNEY SIEGEL (1956)

Die PK -Werte steigen etwas stärker als die CaK -Werte. Nach dem U - Test sind für alle Meßbereiche jedoch statistisch keine signifikante Abweichung zu ermitteln.

A) interregionale Meßergebnisse:

Wie aus Tab. 15 ersichtlich ist, sind die mittleren prozentualen Abweichungen der Mittelwerte der Zählraten für CaK und PK sowohl bei den Amazonas-Schliffpräparaten als auch bei den Berliner Schliffpräparaten von der zervikalen (1) zur mittleren (2) Schmelzregion etwas deutlicher, als von der mittleren zur inzisalen bzw. koronalen (3). Ein Vergleich der zervikalen (1) zur inzisalen bzw. koronalen (3) Schmelzregion ergibt für CaK an der SDG,>NNL, und SO der Berliner Schliffpräparate etwa gleichgroße mittlere prozentuale Abweichungen, während bei den Amazonas-Schliffpräparaten die mittlere prozentuale Abweichung der SDG im Vergleich zu denen der>NNL und SO etwas höher ist. Die PK_∞ Werte sind insgesamt geringfügig höher, als die der CaK_∞. Ein Vergleich der zervikalen (1) zur inzisalen bzw. koronalen (3) Schmelzregion ergibt geringfügig höhere Abweichungen an der SDG der Berliner-Schliffpräparate. Die Amazonas-Schliffpräparate ergeben sowohl an der SDG, als auch an der SO höhere Abweichungen, als die Berliner. Die Werte der>NNL sind für beide Gruppen etwa gleich groß.

B) intraregionale Meßergebnisse:

Intraregional kann sowohl für Ca als auch P ein gering-

fügiger Anstieg der Impulsrate von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Schmelzoberfläche ($\bar{a} \text{ CaK}_{\alpha}$ 2 - 3 %, $\bar{a} \text{ PK}_{\alpha}$ 3 - 4 %) hin verzeichnet werden, wobei der Anstieg von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Neonatal-Linie zur Schmelzoberfläche ($\bar{a} \text{ CaK}_{\alpha}$ = 1,5 %, $\bar{a} \text{ PK}_{\alpha}$ = 3 - 4 %) meist gleich ist, gelegentlich zur Neonatal-Linie hin auch etwas stärker. Für PK_{α} ist generell eine geringfügig größere Differenz der Zählraten als für CaK_{α} zu verzeichnen. Allgemein sind jedoch auch hier nach dem U - Test keine Signifikanzen festzustellen.

Die Amazonas-Schliffpräparate lassen im Vergleich zu den Berliner-Schliffpräparaten kaum Unterschiede der Impulsraten erkennen. Zahnpräparat Nr. 25 (AM) weist etwas höhere CaK_{α} -Werte (14, 5) an der Schmelz-Dentin-Grenze auf, als die anderen Schliffpräparate. Die prozentuale Differenz für CaK_{α} und PK_{α} von der Schmelz-Dentin-Grenze zum markanten Retzius-Streifen beträgt bei Zahnpräparat Nr. 25 14,9 % bzw. 19,5 %, von dem Retzius-Streifen zur Schmelzoberfläche 7,2 % bzw. 17,9 %. Auch bei diesen in Einzelfällen markant erscheinenden prozentualen Abweichungen der Impulsraten ist nach dem U - Test innerhalb der verschiedenen Schmelzregionen desselben Zahnes kein statistisch signifikanter Mineralisationsunterschied festzustellen.

Ein Vergleich der Altersgruppen miteinander ergab keine Signifikanzen.

Da die Impulsraten äquivalent zum vorhandenen Ca- und P-Vorkommen des Schmelzes ist, kann, unter Berücksichtigung

von Material und Methode , angenommen werden, daß mit großer Wahrscheinlichkeit kein systematischer Mineralisationsunterschied sowohl in Region 1, 2, und 3 von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Schmelzoberfläche d. h. interregional, noch innerhalb den Regionen des gleichen Zahnes, d. h. intraregional, besteht. Mit anderen Worten, die Meßergebnisse sind alle von mehr oder weniger gleicher Größe und zeigen keine Zählratendifferenzen im prä- und postnatal gebildeten Schmelz.

5. Diskussion:

Die Mineralisation des Schmelzes war in der Vergangenheit Gegenstand vieler Untersuchungen. Bei den dabei verwendeten unterschiedlichen Materialien und Methoden ist es nicht verwunderlich, daß es bei der Auslegung der Ergebnisse je nach Kenntnis der Histologie des Schmelzes und der je nach dem jeweils zugänglichen Wissensstand möglichen Interpretation, oft zu konträren Meinungen über den Mineralisationsmodus kam. Bei den Bemühungen zur Klärung des Ausmaßes der quantitativen prä- und postnatalen Schmelzmineralisation kam es zu teilweise heftigen Auseinandersetzungen.

Bei polarisationsoptischer Betrachtung eines Milchzahn-Schliffes lassen sich je nach Einstellung und Fokussierung innerhalb des Schmelzes mehr oder weniger stark erscheinende Farbunterschiede erkennen, die jedoch bei dem einfachen Versuch der Verschiebung des Schliffpräparates um die Lichtquelle schon anders in Erscheinung treten. Dies ist ein Beweis dafür, daß lichtmikroskopische Bewertungen des Mineralisationsgrades allein keine haltbaren Beweise für einen prä- und postnatalen Mineralisationsunterschied erbringen können.

Retzius-Linien und Neonatal-Linie sind neben anderen Strukturen bei lichtmikroskopischer Durchmusterung der

Schmelzschliffe als bräunlich erscheinende Linien deutlich erkennbar. Die Neonatal-Linie ist bei den verschiedenen Milchzahn-Präparaten entsprechend dem Stand der jeweiligen Zahnbildung zur Zeit der Geburt in unterschiedlichen Regionen des Schmelzes sichtbar und wird als Grenze zwischen prä- und postnatalem Schmelz angenommen. Im klassischen Sinne wird der pränatal gebildete Schmelz im Vergleich zum postnatal gebildeten als besser mineralisiert angesehen.

Die Mehrzahl der Autoren gehen diesbezüglich bei ihren Interpretationen des Milchzahnschmelzes davon aus, daß die intrauterine Schmelzmineralisation durch eine relativ ungestörte Ernährung des Kindes durch den mütterlichen Organismus optimal gewährleistet ist und daß vom "Geburtsstrauma" an die Schmelz- und Dentinmineralisation durch Störungen wie z. B. die Umstellung von der intrauterinen zur postnatalen Ernährung und Ernährungsstörungen infolge von Krankheiten derartig beeinflußt wird, daß es zu Hypomineralisationen des postnatal gebildeten Schmelzes führen würde.

PROELL (1926), ein Verfechter der endogenen Karies-ätiologie, sagt in der Festschrift anläßlich der 25. Jahresfeier des zahnärztlichen Instituts der Universität Greifswald: "Die eigentliche Grundursache der Zahnkaries liegt für gewöhnlich in einer angeborenen oder erworbenen Störung der Mineralisation und in einer Minderung

der normalen Abwehrkräfte, während die Wirkung der Bakterien und der säuernden Speisereste lediglich auslösende Momente sind". Er glaubt sogar beweisen zu können, daß "nahezu jede Stoffwechselstörung zur Entmineralisierung des Dentins und gleichzeitig auch des Schmelzes führe. Diese pathologische Erscheinung ist als Folge des Versagens der Odontoblasten - im Entwicklungsstadium des Schmelzes auch der Ameloblasten - durch neurale und hormonale Regulationsstörungen des Gesamtkörpers aufzufassen". PROELL vermutet sogar, daß "auch bei gut verkalkten Zähnen im Verlauf der verschiedenen Krankheiten - Anämie, Diabetes u. a. - die Karies vermehrt auftritt" und interpretiert es so, "daß die Mineralisation der Zahnhartsubstanz noch lange nach der Fertigstellung des Zahnes vom allgemeinen Körperstoffwechsel abhängig ist und bei Störungen desselben in Mitleidenschaft gezogen wird".

PROELLs Gedanken wurden später von PINCUS (1944), EGGERS-LURA (1949), CSERNYEI (1950) und andere aufgenommen und führten somit auch zu der verbreiteten Annahme, daß der pränatale Schmelz besser mineralisiert sein müsse als der postnatale.

E. HARNDT (1950) erklärt die zirkuläre Milchzahnkaries als "Folge einer mangelhaften Mineralisation der nach der Geburt gebildeten Schmelzpartien (postnatale Schmelz-

hypoplasie)" und glaubt diese Annahme durch lichtmikroskopische Untersuchungen unterstützen zu können, in denen der Karieskegel an der Neonatal-Linie endet, ein Erscheinungsbild, das er auf eine bessere Mineralisation des pränatal gebildeten Schmelzes zurückführt. Der postnatal mineralisierte Schmelz wird folglich als mindermineralisiert angesehen.

Folgt man diesen Ansichten, würde dieses konsequenterweise bedeuten, daß der gesamte extrauterin gebildete Schmelz, also auch der aller bleibenden Zähne hypomineralisiert sein müßte. Das "Geburtstrauma" wird bei dieser Interpretation als ein "Dauertrauma" angesehen. Betrachtet man jedoch lichtmikroskopische Bilder von Milchzahnschliffen, bei denen die Neonatal-Linie in gut sichtbaren Regionen verläuft, kritisch, so muß man feststellen, daß keineswegs so große Unterschiede zwischen prä- und postnatalem Schmelz zu erkennen sind. Ein anderes Erscheinungsbild des postnatalen Schmelzes, z. B. durch ein vermehrtes Auftreten von Retzius-Linien, kann keinesfalls als markanter Mineralisationsunterschied interpretiert werden.

Licht- und polarisationsmikroskopische Erscheinungsbilder der Schmelzstrukturen wurden von HELMCKE (1955) durch elektronenmikroskopische Untersuchungen neu gedeutet. Er konnte nachweisen, daß durch Beugungseffekte an den

Kristallen des Schmelzes Strukturen vorgetäuscht werden, die lediglich durch Orientierungsänderungen der Kristallite zustande kommen. So wird auch das Erscheinungsbild der Retzius-Linien durch eine plötzliche Änderung im Verlauf der Prismen hervorgerufen, d. h. die lichtmikroskopische Interpretation der Retzius-Linien als Zonen von unterschiedlicher Mineralisation werden elektronenmikroskopisch als Ausdruck der Kristallorientierung angesehen. Mineralisationsunterschiede konnten von HELMCKE nicht beobachtet werden. Exakte Beweise für die allgemein verbreitete Auffassung, daß der pränatal gebildete Schmelz besser mineralisiert sei als der postnatale, liegen nicht vor, sondern beruhen lediglich auf klinischen und lichtoptischen Beobachtungen.

In Hinblick auf die Ernährung wird auch heute noch vielfach die Auffassung vertreten, daß die Zahnhartsubstanz sowohl prä- als auch postnatal, prä- und posteruptiv (also während und nach Abschluß der Zahnentwicklung) durch eine besondere Zusammensetzung der Nahrung beeinflusst werden könnte.

Es stellt sich die Frage, ob unter normalen physiologischen Bedingungen überhaupt derartig ernährungsphysiologisch bedingte Mineralisationsunterschiede entstehen können; denn die Mineralisation des Schmelzes verläuft nach bestimmten Mustern, unabhängig von der Lebensperiode, in der der Schmelz gebildet wird. In einem homöostatischen Milieu, wie es der menschliche Körper bildet, können

bei einem Gleichgewicht der Kräfte unter normalen Bedingungen keine grundsätzlich prä- und postnatalen Mineralisationsunterschiede entstehen, wie sie von einigen Autoren bisher angenommen wurde.

Es stellt sich die Frage, ob dem Faktor "Struktur" im mikromorphologischen Sinne bezüglich der Kariesresistenz bzw. Kariesanfälligkeit des Schmelzes überhaupt eine derartig bedeutende Rolle zugewiesen werden kann, wobei morphologische Eigenheiten einzelner Zähne und makromorphologische Eigenschaften des Gebisses in der Karies-ätiologie nachweislich von Bedeutung sind, die jedoch in der Vergangenheit zum Teil auch überbewertet wurden, denn exogene Faktoren, wie z. B. die Mundhygiene, wurden bei den Kariestheorien oftmals außer acht gelassen.

Die Mikrosondenergebnisse der eigenen Untersuchung konnten sowohl bei den Milchzahnschliffen der Amazonas Kinder, als auch bei denen der Berliner Kinder keine signifikanten Mineralisationsunterschiede im prä- und postnatal gebildeten Schmelz aufzeigen. Die Amazonas Kinder hatten im Gegensatz zu den Berlinern ernährungsphysiologisch keine Defekte, die durch Infektionen, wie z. B. durch Befall von Askariasis, Oxyuriasis und durch unspezifische Erreger hervorgerufene Krankheiten mehr oder weniger geschwächt. Die bei den Amazonas-Schliffpräparaten markanteren Retzius-Linien scheinen daher Ausdruck der durchlebten Erkrankungen zu sein, eine Auffassung, die auch

von BERLIN (1955) vertreten wird.

Mikrosondenmessungen im Bereich der Retzius-Linien und der Neonatal-Linie zeigten bei dieser Untersuchung keine signifikanten Mineralisationsunterschiede. Es konnte lediglich ein geringfügiger Unterschied der Zählraten für CaK_α und PK_α von zervikal nach inzisal bzw. koronal, als auch von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Schmelzoberfläche hin festgestellt werden, sie hatten jedoch keine statistische Signifikanz.

Ein Vergleich der Meßergebnisse der Milchzahnschliffe der Berliner Kinder mit denen der Amazonas Kinder wies trotz unterschiedlicher Kostform keine signifikanten prä- und postnatalen Mineralisationsunterschiede auf.

Die Untersuchungsergebnisse der Mikrosondenmessungen erhärten die quantitativen mikroradiographisch-densitometrischen Untersuchungsergebnisse von HAMMARLUND-ESSLER (1958), die sogar im postnatalen Schmelz eine Tendenz zur besseren Mineralisation feststellen konnte.

THEWLIS (1937) und HODGE et al. (1937) konnten einen graduellen Anstieg des Mineralisationsgrades von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Schmelzoberfläche, sowohl bei den Milchzähnen, als auch bei den bleibenden Zähnen röntgenologisch nachweisen.

Diese Befunde widersprechen der bisherigen Auffassung von der minderen postnatalen Schmelzmineralisation und den dadurch primär endogen bedingten Kariesläsionen. Nicht die prä- und postnatale Nährstoffzusammensetzung hat nachweislich Einfluß auf die Kariesempfänglichkeit bzw. -resistenz der Zahnhartsubstanz, sondern u. a. die exogen die Zähne angreifenden Faktoren wie z. B. leicht fermentierbare Nahrungskohlenhydrate sind für die Auflösung kariöser Prozesse verantwortlich zu machen. Die Widerstandsfähigkeit des Schmelzes gegenüber den exogenen Noxen kann zwar erhöht werden wie z. B. durch die optimale Zufuhr von Fluoriden, insbesondere durch die Anreicherung des Trinkwassers mit Fluorid, doch im wesentlichen müssen die exogenen Noxen als solche ausgeschaltet werden.

Wie BRAMSTEDT (1968) darstellte, sind hierbei die niedermolekularen Kohlenhydrate, Mono-, Di- und Trisaccharide, kariogener als Stärke und Glykogen. Die niedermolekularen Kohlenhydrate liefern durch ihren Abbau innerhalb der Mundhöhle extrazelluläre Polysaccharide z. B. in der Plaque, die von kariogenen Mikroorganismen durch fermentativen Abbau bis zur Bildung entkalkender organischer Säuren aufgespalten werden. Die sich in der Plaque befindlichen säurebildenden Mikroorganismen können durch entsprechende Mundhygiene entfernt werden.

Die Frage nach den Ursachen der zirkulären Karies muß auf Grund der vorliegenden Ergebnisse unter anderen Aspekten betrachtet werden. Sie kann nicht mehr, wie bisher im klassischen Sinne angenommen, mit prä- und postnatalen Mineralisationsunterschieden erklärt werden, sondern es müssen andere Ursachen in Frage kommen. Da die zirkuläre Karies in Höhe des Gingivalrandes verläuft, der, mit den Zahnzwischenräumen eine ausgezeichnete Retentionsstelle für Plaque bildet, bietet die mangelhafte Mundhygiene, besonders bei Kindern, eine plausible Erklärung für eine der Ursachen der zirkulären Karies.

Im Gegensatz zu der klassischen Ansicht, daß prä- und postnatale Mineralisationsunterschiede für das Zustandekommen der Karies im allgemeinen und der zirkulären Milchzahnkaries im speziellen verantwortlich sind, konnten mittels der Mikrosonde sowohl im zervikalen, als auch im inzisalen bzw. koronalen Kronenbereich keine signifikanten Mineralisationsunterschiede festgestellt werden. Dies kann als Beweis dafür gelten, daß die Karies in Bezug auf den Zahn als ein exogenes Geschehen betrachtet werden kann, eine Ansicht, die auch von RANKE, BRAMSTEDT und NAUJOKS (1964); CREMER (1957); LENZ (1970) vertreten wird.

Ein gewisser Einfluß der Ernährung auf die mikromorphy-

logische Struktur und Mineralisation der Zahnhartsubstanzen kann zwar unter extremen Mangelzuständen beobachtet werden, jedoch unter Normalbedingungen kommt es nicht zu einer vermehrten oder verminderten kariogenen Anfälligkeit bzw. Resistenz des Zahnes. Die Ernährung und Ernährungsgewohnheiten während der Gebrauchsperiode der Zähne können exogen karieserzeugende Wirkung haben.

Auf Grund der durch die Mikrosondenuntersuchung erbrachten Ergebnisse zur prä- und postnatalen Schmelzmineralisation, muß man der exogenen Noxe in der Karies-ätiologie eine wesentliche Bedeutung als Kausalfaktor einräumen.

6. Zusammenfassung:

Aufgabe dieser Arbeit war es, mit neuen Methoden, z. B. der wellenlängendispersiven Mikrosondenanalyse, bei Milchzähnen von Kindern aus Berlin und dem Amazonas (Brasilien) die prä- und postnatalen Schmelzanteile auf ihren Mineralisationsgrad hin zu untersuchen und zu bewerten.

Die Ergebnisse zeigten, daß entgegen der klassischen Auffassung der besseren pränatalen Schmelzmineralisation im Vergleich zur postnatalen, keine signifikanten prä- und postnatalen Mineralisationsunterschiede festgestellt werden konnten.

Die Ergebnisse wurden in Hinblick auf Kariesresistenz bzw. -empfänglichkeit, unter besonderer Betrachtung der zirkulären Milchzahnkaries, diskutiert.

Tab. A 1

Zahnpräparat Nr. 3 / Serienschliff Nr. 5

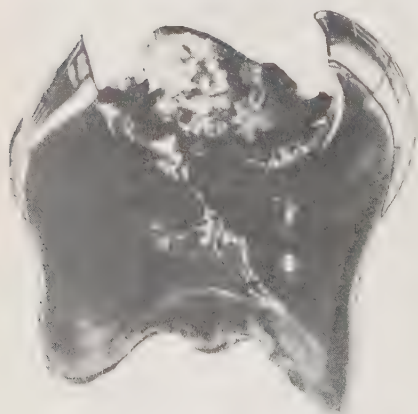
Mittelwerte ($\bar{a}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %
I.					
SDG		NNL		SO	
1. 12723		13030		12640	
2. 12744	0,17 (1:2)	13003	0,21 (1:2)	12936	2,99 (1:2)
3. 13013	6,38 (2:3)	12724	2,15 (2:3)	13155	1,66 (2:3)
	6,54 (3:1)		2,35 (3:1)		3,91 (3:1)
II.					
1. 6986		7200		7220	
2. 6991	0,03 (1:2)	7287	1,19 (1:2)	7321	1,38 (1:2)
3. 7099	1,52 (2:3)	7305	0,25 (2:3)	7386	0,88 (2:3)
	1,55 (3:1)		1,44 (3:1)		2,25 (3:1)

Tab. B 1

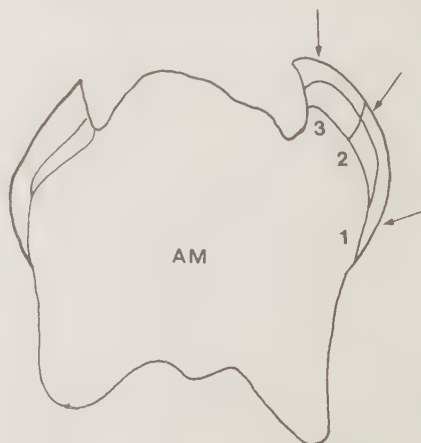
Serienschnitt - Foto (Verg. 9,5 x)

Schemazeichnung



Messpunkte für
I. Ca K_{α}
II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.	II	2.	II	3.	II
1. SDG - NNL	2,3	2,9	1,9	4,0	2,2	2,8
2. NNL - SO	2,9	0,2	0,5	0,4	3,2	1,1
3. SDG - SO	0,6	3,2	1,4	4,5	1,1	3,8



Tab. A 2

Zahnpräparat Nr. 5 / Serienschliff Nr. 5

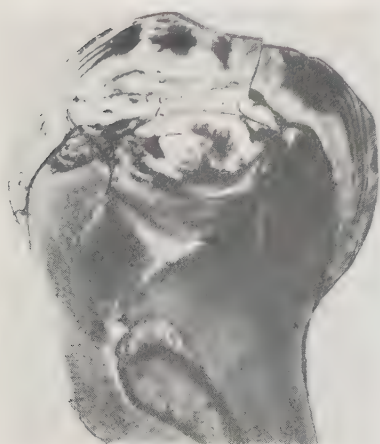
Mittelwerte ($\bar{a}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten fürI. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 12537		12595		12851	
2. 12545	0,06 (1:2)	12931	2,60 (1:2)	12957	0,82 (1:2)
3. 12800	1,99 (2:3)	13046	0,88 (2:3)	13120	1,24 (2:3)
	2,05 (3:1)	12861	3,46 (3:1)		2,05 (3:1)
		12890 markante RZ			
II.					
1. 6809		6879		7098	
2. 6899	1,30 (1:2)	7038	2,26 (1:2)	7151	0,74 (1:2)
	1,20 (2:3)	7109	1,00 (2:3)	7479	4,39 (2:3)
3. 6983	2,49 (3:1)	7044	3,24 (3:1)		5,09 (3:1)
		7139 markante RZ			

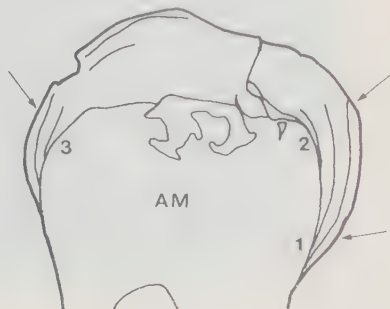
Tab. B 2

Serienschnitt - Foto (Verg. 7,5 x)

Schemazeichnung



Messpunkte für	I. Ca K_{α}		II. P K_{α}	
Messpunkt Nr.	1.	2.	3.	
	I	I	I	II
1. SDG - NNL	0,4	1,0	2,9	1,9
2. NNL - SO	1,9	3,1	0,2	1,5
3. SDG - SO	2,4	4,7	3,1	3,5
4. SDG - RZ	0,5	0,8	0,7	2,1
5. NNL - RZ	1,4	0,9	1,2	0,4



Tab. A 3

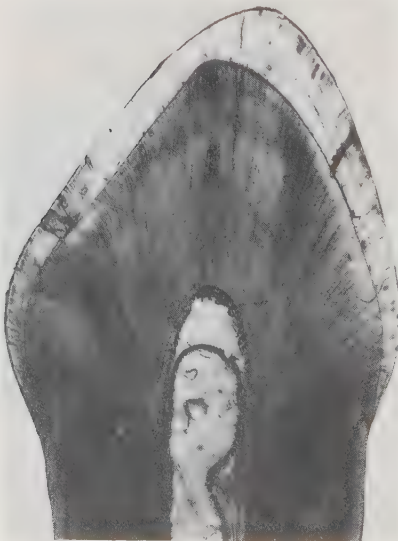
Zahnpräparat Nr. 8 / Serienschnitt Nr. 5

Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K α und II. P K α

$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 12593		12624		12811	
2. 12643	0,40 (1:2)	12655	0,24 (1:2)	12869	0,45 (1:2)
3. 12696	0,42 (2:3)	12713	0,46 (2:3)	12896	0,21 (2:3)
	0,81 (3:1)		0,70 (3:1)		0,66 (3:1)
II.					
1. 6980		7044		7044	
2. 7053	1,04 (1:2)	7121	1,08 (1:2)	7227	2,53 (1:2)
3. 7204	2,10 (2:3)	7219	1,36 (2:3)	7252	0,35 (2:3)
	3,11 (3:1)		2,42 (3:1)		2,87 (3:1)

Tab. B 3

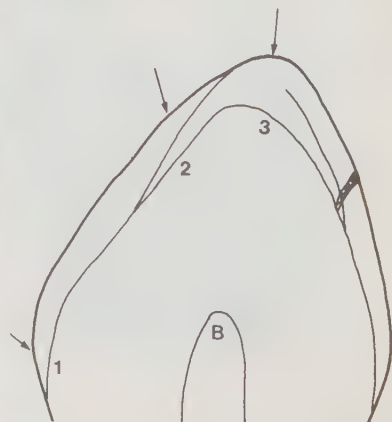
Serienschnitt - Foto (Verg. 9,5 x)



Schemazeichnung

Messpunkte für I. Ca K α
II. P K α

Messpunkt Nr.	1.	II	2.	II	3.	II
1. SDG - NNL	0,2	0,9	0,0	0,9	0,1	0,2
2. NNL - SO	1,4	0,0	1,6	1,4	1,4	0,4
3. SDG - SO	1,7	0,9	1,7	2,4	1,5	0,0



Tab. A 4

Zahnpräparat Nr. 7 / Serienschliff Nr. 6

Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten fürI. Ca K_{α} und II. P K_{α}

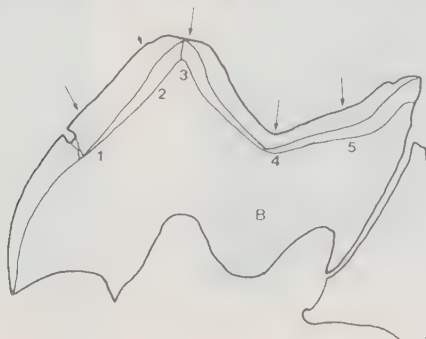
$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 11099		12351		12506	
2. 12114	8,38 (1:2)	12367	0,13 (1:2)	12622	0,93 (1:2)
3. 12248	1,09 (2:3)	12382	0,12 (2:3)	12700	0,61 (2:3)
4. 12356	0,87 (3:4)	12407	0,20 (3:4)	12845	1,13 (3:4)
5. 12550	1,55 (4:5)	12567	1,27 (4:5)	13079	1,79 (4:5)
	11,56 (5:1)		1,72 (5:1)		4,39 (5:1)
II.					
1. 6253		6811		7329	
2. 6717	6,91 (1:2)	7063	3,57 (1:2)	7388	0,80 (1:2)
3. 6774	0,84 (2:3)	7124	0,86 (2:3)	7430	0,80 (2:3)
4. 6863	1,30 (3:4)	7166	0,59 (3:4)	7441	0,15 (3:4)
5. 7028	2,35 (4:5)	7338	2,87 (4:5)	7676	3,06 (4:5)
	11,03 (5:1)		7,18 (5:1)		4,52 (5:1)

Tab. B 4

Serienschnitt - Foto (Verg. 9,5 x) siehe S. 24 Schemazeichnung

Messpunkte für
I. Ca K_{α}
II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	
	I	II	I	II	I	II
1. SDG - NNL	10,1	8,2	2,0	4,9	1,0	4,9
2. NNL - SO	1,2	7,0	2,0	4,4	2,5	4,1
3. SDG - SO	11,2	14,6	4,0	9,0	3,5	8,8
					3,8	7,7
					4,0	8,4



Tab. A 5

Zahnpräparat Nr. 13 / Serienschliff Nr. 7

Mittelwerte ($\bar{a}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 11494		11499		11646	
2. 11279	1,87 (1:2)	11371	1,11 (1:2)	11385	2,24 (1:2)
3. 11482	0,10 (2:3)	11569	0,61 (2:3)	11687	0,35 (2:3)
	1,77 (3:1)		1,71 (3:1)		2,58 (3:1)
II.					
1. 7217		7501		7395	
2. 7400	2,47 (1:2)	7559	0,77 (1:2)	7587	2,53 (1:2)
3. 7541	1,87 (2:3)	7582	0,30 (2:3)	7723	1,76 (2:3)
	4,30 (3:1)		1,07 (3:1)		4,25 (3:1)

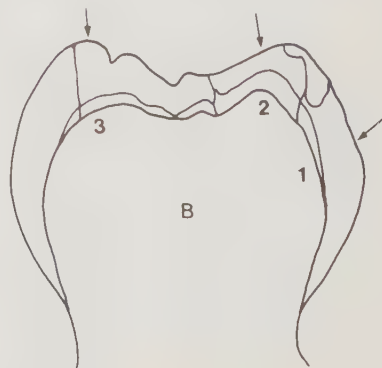
Tab. B 5

Serienschnitt - Foto (Verg. 8,5 x)

Schemazeichnung

Messpunkte für I. Ca K_{α}
II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.		2.		3.	
	I	II	I	II	I	II
1. SDG - NNL	0,0	3,7	0,8	2,1	0,7	0,5
2. NNL - SO	1,2	1,8	0,1	0,4	1,0	1,8
3. SDG - SO	1,3	2,4	0,9	2,5	1,7	2,3



Tab. A 6

Zahnpräparat Nr. 17 / Serienschliff Nr. 6

Mittelwerte ($\bar{a}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten fürI. Ca K α und II. P K α

$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 12339		11262		12742	
2. 12551	1,69	12464	9,64	13233	3,71
3. 12823	2,12	12722	2,03	13475	1,80
	3,77	12823	11,48		5,44
		11272	markante RZ		
II.					
1. 7262		7399		7649	
2. 7266	0,06	8135	9,05	8193	6,64
3. 7724	5,93	8155	0,25	8173	0,24
	5,98	7898	9,27		6,41
		8045	markante RZ		

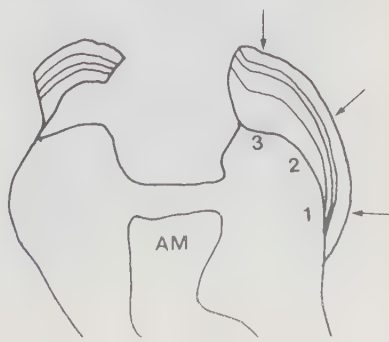
Tab. B 6

Serienschnitt - Foto (Verg. 8,5 x)

Schemazeichnung



Messpunkte für		I. Ca K α		II. P K α	
Messpunkt Nr.		1.	2.	3.	II
		I	II	I	II
1. SDG - NNL		8,7	1,8	0,6	10,6
2. NNL - SO		11,6	3,2	5,8	0,6
3. SDG - SO		3,1	5,0	5,1	11,3
4. NNL - RZ		0,7	3,1	11,4	1,3



Tab. A 7

Zahnpräparat Nr. 21 / Serienschliff Nr. 7

Mittelwerte ($\bar{a}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %	$\bar{a}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 12667		12748		12864	
2. 12688	0,17 (1:2)	12814	0,52 (1:2)	12913	0,38 (1:2)
3. 12716	0,22 (2:3)	12818	0,03 (2:3)	13102	1,44 (2:3)
4. 12802	0,67 (3:4)	13091	2,09 (3:4)	13362	1,95 (3:4)
	1,05 (4:1)		2,62 (4:1)		3,73 (4:1)
II.					
1. 6697		6729		6909	
2. 6780	1,22 (1:2)	6749	0,30 (1:2)	6915	0,09 (1:2)
	7,89 (2:3)		2,90 (2:3)		2,97 (2:3)
3. 7361		6901		7127	
4. 7367	0,08 (3:4)	7453	7,41 (3:4)	7685	7,26 (3:4)
	9,09 (4:1)		9,71 (4:1)		10,10 (4:1)

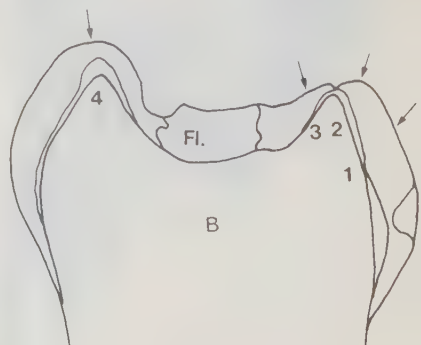
Tab. B 7

Serienschnitt - Foto (Verg. 8,5 x)

Schemazeichnung

Messpunkte für I. Ca K_{α}
II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.	2.	3.	4.
	I II	I II	I II	I II
1. SDG - NNL	0,6 0,5	0,9 0,4	0,8 6,2	2,2 1,
2. NNL - SO	0,9 2,6	0,7 2,4	2,1 3,1	2,0 3,
3. SDG - SO	1,5 3,1	1,7 1,9	2,9 3,1	4,1 4,



Tab. A 8

Zahnpräparat Nr. 25 / Serienschliff Nr. 7

Mittelwerte ($\bar{x}$) der Messregionen 1 - 2 aus den Zählraten für
I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{x}$	Abweichung in %	$\bar{x}$	Abweichung in %	$\bar{x}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 10267		12068		11190	
2. 12091	15,09 (1:2)	12033	0,29 (1:2)	12214	8,38 (1:2)
3. 12146	0,45 (2:3)	12055	0,18 (2:3)	12278	0,52 (2:3)
	15,47 (3:1)		0,11 (3:1)		8,86 (3:1)
II.					
1. 7098		8820		7241	
2. 8868	22,50 (1:2)	8744	0,86 (1:2)	9001	19,33 (1:2)
3. 8979	1,24 (2:3)	8713	0,35 (2:3)	9113	1,23 (2:3)
	22,95 (3:1)		1,21 (3:1)		20,54 (3:1)

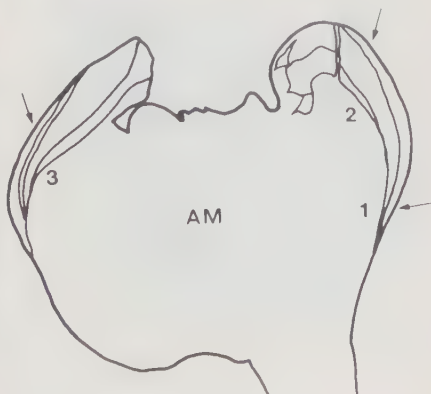
Tab. B 8

Serienschnitt- Foto (Verg. 8,5 x)

Schemazeichnung



Messpunkte für		I. Ca K_{α}		II. P K_{α}			
Messpunkt Nr.		1.	2.	1.	2.	3.	II
1. SDG - NNL		14,9	19,5	0,4	1,4	0,7	2,9
2. NNL - SO		7,2	12,2	1,4	2,8	1,3	4,3
3. SDG - SO		8,2	1,9	1,0	1,4	1,0	1,4



Tab. A 9

Zahnpräparat Nr. 26 / Serienschliff Nr. 6

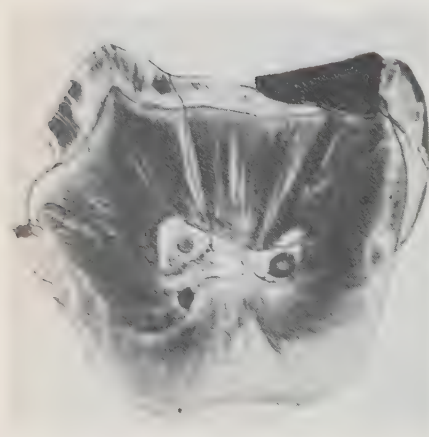
Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K α und II. P K α

$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 13165		13157		13571	
2. 13197	0,24 (1:2)	13183	0,20 (1:2)	13633	0,45 (1:2)
3. 13297	0,75 (2:3)	13224	0,31 (2:3)	13661	0,20 (2:3)
4. 13319	0,17 (3:4)	13364	1,05 (3:4)	13799	1,00 (3:4)
	1,16 (4:1)		1,55 (4:1)		1,65 (4:1)
II.					
1. 6340		6506		6779	
2. 6415	1,17 (1:2)	6591	1,29 (1:2)	6814	0,51 (1:2)
3. 6498	1,28 (2:3)	6616	0,38 (2:3)	6823	0,13 (2:3)
4. 6541	0,66 (3:4)	6638	0,33 (3:4)	6868	0,66 (3:4)
	3,07 (4:1)		1,99 (4:1)		1,30 (4:1)

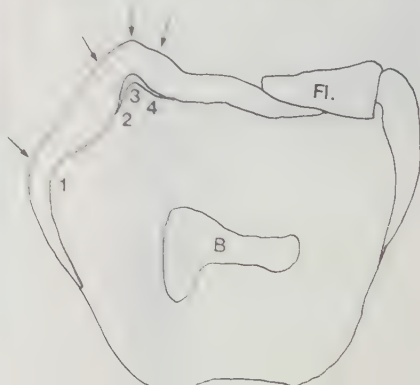
Tab. B 9

Serienschnitt - Foto (Verg. 7,5 x)

Schemazeichnung



Messpunkte für:		I. Ca K α		II. P K α			
Messpunkt Nr.		1	2	3	4		
		I	II	I	II	I	II
1	SDG - NNL	2,0	2,5	0,1	2,5	0,5	1,7
2	NNL - SO	3,0	4,0	3,3	3,2	3,2	3,0
3	SDG - SO	2,2	5,4	3,2	5,8	2,6	4,7
						3,4	4,7



Tab. A 10

Zahnpräparat Nr. 28 / Serienschliff Nr. 6

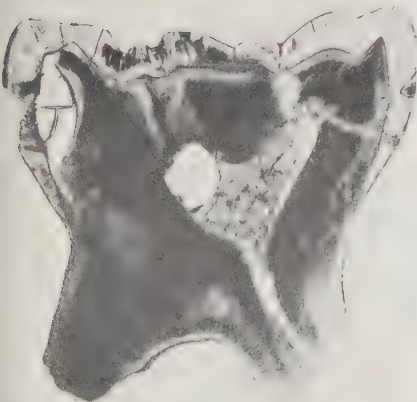
Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 12050		11963		12154	
2. 12124	0,61 (1:2)	12091	1,06 (1:2)	12380	1,83 (1:2)
3. 12183	0,48 (2:3)	12203	0,92 (2:3)	12443	0,51 (2:3)
	1,09 (3:1)		1,97 (3:1)		2,32 (3:1)
II.					
1. 7971		8032		8296	
2. 8108	1,69 (1:2)	8205	2,64 (1:2)	8501	2,41 (1:2)
3. 8318	2,52 (2:3)	8363	1,89 (2:3)	8736	2,69 (2:3)
	4,17 (3:1)		3,96 (3:1)		5,04 (3:1)

Tab. B 10

Serienschnitt - Foto (Verg. 7,5 x)

Schemazeichnung



Messpunkte für
I. Ca K_{α}
II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.		2.		3.	
	I	II	I	II	I	II
1. SDG - NNL	0,7	0,8	0,3	1,2	0,2	0,6
2. NNL - SO	1,5	3,2	2,3	3,4	1,9	4,2
3. SDG - SO	0,8	3,9	2,0	4,6	2,1	4,1



Tab. A 11

Zahnpräparat Nr. 30 / Serienschnitt Nr. 7

Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für

I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 12651		12814		13119	
2. 12817	1,30 (1:2)	13040	1,73 (1:2)	13222	0,78 (1:2)
3. 12861	0,34 (2:3)	13238	1,50 (2:3)	13374	1,14 (2:3)
	1,63 (3:1)		3,20 (3:1)		1,91 (3:1)
II.					
1. 6021		6236		6540	
2. 6308	4,55 (1:2)	6333	1,53 (1:2)	6478	0,95 (1:2)
3. 6617	4,67 (2:3)	6449	1,53 (2:3)	6572	1,43 (2:3)
	9,01 (3:1)		3,30 (3:1)		0,49 (3:1)

Tab. B 11

Serienschnitt - Foto (Verg. 7,5 x)

Schemazeichnung



Messpunkte für I. Ca K_{α}
II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.		2.		3.	
	I	II	I	II	I	II
1. SDG - NNL	1,2	3,4	1,7	0,4	2,7	2,5
2. NNL - SO	2,3	4,6	1,4	2,2	1,0	1,8
3. SDG - SO	3,6	7,9	3,0	2,6	3,8	0,68



Tab. A 12

Zahnpräparat Nr. 32 / Serienschnitt Nr. 7

Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 13042		13109		13525	
2. 13050	0,06 (1:2)	13167	0,44 (1:2)	13624	0,73 (1:2)
3. 13143	0,71 (2:3)	13174	0,05 (2:3)	13681	0,42 (2:3)
4. 13221	0,59 (3:4)	13334	1,20 (3:4)	13767	0,62 (3:4)
	1,35 (4:1)		1,69 (4:1)		1,76 (4:1)
II.					
1. 6250		6486		6903	
2. 6322	1,14 (1:2)	6607	1,83 (1:2)	7099	2,76 (1:2)
3. 6498	2,71 (2:3)	6735	1,90 (2:3)	7178	1,10 (2:3)
4. 6559	0,93 (3:4)	6803	1,00 (3:4)	7270	1,27 (3:4)
	4,71 (4:1)		4,66 (4:1)		5,05 (4:1)

Tab. B 12

Von Zahnpräparat Nr. 32 / Serienschnitt Nr.7 ist kein Foto ange-
fertigt worden.

Messpunkte für I. Ca K_{α} II. P K_{α}

Meßpunkt Nr.	1.		2.		3.	
	I	II	I	II	I	II
1. SDG - NNL	0,5	3,6	0,8	1,6	0,2	3,5
2. NNL - SO	3,1	6,0	3,3	6,9	3,7	6,1
3. SDG - SO	3,5	9,4	3,5	10,9	3,9	9,4

Tab. A 13

Zahnpräparat Nr. 33 / Serienschnitt Nr. 5

Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen 1 - 3 aus den Zählraten für

I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 11751		12332		12464	
2. 11845	0,79 (1:2)	12421	0,72 (1:2)	12674	1,66 (1:2)
3. 12170	2,67 (2:3)	12470	0,39 (2:3)	12745	2,20 (2:3)
	3,44 (3:1)		1,11 (3:1)		2,20 (3:1)
II.					
1. 6860		7712		7841	
2. 7185	4,52 (1:2)	7719	0,09 (1:2)	7938	1,22 (1:2)
3. 7426	3,25 (2:3)	7861	1,81 (2:3)	8123	3,47 (2:3)
	7,72 (3:1)		1,90 (3:1)		3,47 (3:1)

Tab. B 13

Von Zahnpräparat Nr. 33 / Serienschnitt Nr. 5 ist kein Foto angefertigt worden.

Messpunkte für I. Ca K_{α}

II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.		2.		3.	
	I	II	I	II	I	II
1. SDG - NNL	4,7	11,0	4,6	6,9	2,4	5,5
2. NNL - SO	1,1	1,6	2,0	2,7	2,2	3,3
3. SDG - SO	5,7	12,5	6,5	9,4	4,5	8,5

Tab. A 14

Zahnpräparat Nr. 35 / Serienschnitt Nr. 6

Mittelwerte ($\bar{\alpha}$) der Messregionen I - 3 aus den Zählraten für
I. Ca K_{α} und II. P K_{α}

$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %	$\bar{\alpha}$	Abweichung in %
SDG		NNL		SO	
I.					
1. 11976		12134		12534	
2. 12141	1,36 (1:2)	12235	0,83 (1:2)	12618	0,67 (1:2)
3. 12217	0,62 (2:3)	12319	0,68 (2:3)	13631	7,43 (2:3)
	1,97 (3:1)		1,50 (3:1)		8,05 (3:1)
II.					
1. 7655		7644		7916	
2. 7714	0,76 (1:2)	7716	0,93 (1:2)	7964	0,60 (1:2)
3. 7719	0,06 (2:3)	7743	0,35 (2:3)	8050	1,07 (2:3)
	0,83 (3:1)		1,28 (3:1)		1,66 (3:1)

Tab. B 14

Von Zahnpräparat Nr. 35 / Serienschnitt Nr. 6 ist kein Foto ange-
fertigt worden.

Messpunkte für I. Ca K_{α}

II. P K_{α}

Messpunkt Nr.	1.		2.		3.	
	I	II	I	II	I	II
1. SDG - NNL	1,3	0,1	0,7	0,0	0,8	0,3
2. NNL - SO	3,1	3,4	2,3	3,1	2,4	3,8
3. SDG - SO	4,4	3,3	3,7	3,1	10,3	4,1

Tab. 15

Mittlere prozentuale Abweichung der Mittelwerte der Zählraten
für Ca K_α und P K_α der Schliffpräparate der Milchzähne von Kindern
aus Berlin und dem Amazonas (Brasilien)

	SDG		NNL		SO	
	B	AM	B	AM	B	AM
Ca K _α						
1 : 2	1,5	4,2	0,7	3,2	1,0	3,9
2 : 3	0,9	2,6	0,5	1,3	1,4	1,7
3 : 1	2,6	6,9	1,7	4,3	2,9	4,1
P K _α						
1 : 2	2,5	5,9	1,4	3,3	1,5	7,0
2 : 3	2,7	2,4	1,3	0,4	1,5	1,3
3 : 1	5,7	7,7	3,7	3,7	3,8	8,6

8. Abkürzungsverzeichnis:

$\bar{a}$	Mittelwert
Abb.	Abbildung
AM	Amazonas
C	Celsius
Ca	Calzium
Cp	Caries profunda
cps	counts per second
D	Dentin
d. h.	das heißt
Diff.	Differenz
KV	Kilovolt
mm	Millimeter
nm	$10^{-3} \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ mm}$
NNL	Neonatal-Linie
o. B.	ohne Befund
P	Phosphor
po	postnatal
pr	pränatal
RZ	Retzius-Linie
S	Schmelz
SO	Schmelzoberfläche
SDG	Schmelz-Dentin-Grenze
sc	sample current (Probenstrom)
Vergr.	Vergrößerung
z. B.	zum Beispiel

9. Literaturverzeichnis:

ANDERSEN, C. A.:

Methods of biochemical analysis (Ed. David Glich)

Vol. 15, New York, Interscience Public. pps. 147 - 270
1965

ANDERSEN, C. A. und M. F. HÄSLER:

Proc. 4th. Internat. Congress on X-Ray Optics and
Microanalysis, Orsay 1965 (Eds. R. Castaing, J.
Deschamps and J. Philibert) Hermann, Seite 310,
Paris 1966

APPLEBAUM, E.:

Incipient Dental Caries, J. Dent. Res.,
12, 619, 1932

APPLEBAUM, E.:

Tissue Changes in Caries, Dental Cosmos, 77, 931,
1935

APPLEBAUM, E.:

Mottled Enamel, Dental Cosmos, 78, 969, 1936

APPLEBAUM, E.:

Tissue Changes in Dental Caries F. A. D. A.,
25, 1223, 1938

APPLEBAUM, E.:

The Radiopaque Surface Layer of Enamel and Caries,
J. Dent. Res., 19, 41, 1940

APPLEBAUM, E.:

Tissue Changes in Dental Caries Annals of Dentistry
7, 1, 1948

APPLEBAUM, E.,:

Grenz-Ray and Histologic Studies of Tissue Changes
in Dental Caries, Annals of Dentistry, 7, 67, 1948

APPLEBAUM, E., F. HOLLANDER und F. BODECKER:

Dent. Cosmos. 75, 1097 - 1105, 1933

BERLIN, V.:

Zahnkaries und Kinderkrankheiten, Vorl. Mitt.,
Svenska Läkartidningen H. 15, 1955

BRAMSTEDT, F.:

Die Bedeutung der Kohlenhydrate für die Entstehung
der Zahnkaries, Therapiewoche 18, 1394, 1968

BREKHUS, P. J. and W. D. ARMSTRONG:

A Method for the Separation of Enamel, Dentin and
Cementum, J. Dent. Res., 15, 23, 1935

BREMER, G.:

Untersuchungsmethodik und vergleichende chemische
Analysen an Zähnen von Homo, Affe, Hund und Schwein.
Upsala läkareförening förhandlingar, 44, 1219,
1938/39

BÖDECKER, C. and E. APPLEBAUM:

Metabolism of the Dentin; Its Relation to Dental
Caries and to the Treatment of Sensitive Teeth,
Dental Cosmos, 73, 995, 1931

CREMER, H. D.:

Neuere Erkenntnisse über die Bedeutung der experi-
mentellen Karies, Die Medizinische, Nr, 35,
1214 - 1218, 1957

CSERNYEI, J.:

Karies als gelöstes biochemisches Problem, Dtsch.
Zahn-, Mund- und Kieferheilk., 13, 146, 1950

EGGERS-LURA. H.:

Die Enzyme des Speichels und der Zähne, München 1949

GUSTAFSON, G. and A. G. GUSTAFSON:

Mikro-anatomy and histochemie of enamel. In:
Structural and Chemical Organisation of Teeth.
(Edited by Miles, A. E. W.) Vol. 11, pp 75 - 134,
Academic Press, New. York, 1967

HARNDT, E.:

Karies des Milchgebisses, S. 103, in Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen, Nr. 4, Hanser Verl., München 1950

HAMMARLUND - ESSLER, E.:

Comparison between degree of mineralization of prenatal and postnatal enamel, Trans. R. Sch. Dent., Stockholm/Umeå^o, 4, 7, 1958

HAMMARLUND - ESSLER, E.:

A Microradiographic-microphotometric and X-ray diffraction study of human developing enamel. Trans. Roy. Sch., Dent., Sweden, 2, 15 - 25, 1958

HELMCKE, J.-G.:

Elektronenmikroskopische Strukturuntersuchungen an gesunden und kranken Zähnen (Investigations of electron microscopic structure in sound and pathological teeth), Deutsche. zahnärztl. Z. 10, 1461, 1955

HODGE, H. C., G. VAN HUYSEN and S. L. WARREN:

Factors Influencing the Quantitative Measurement of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs. I. 'Radiation Factors. Am J. Roentgenol. 34, 523, 1935

HODGE, H. C., G. VAN HUYSEN and S. L. WARREN:

Factors Influencing the Quantitative Measurement
of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs.

II. Filter Factors, Am. J. Roentgenol, 34, 529, 1935

HODGE, H. C., G. VAN HUYSEN and S. L. WARREN:

Factors Influencing the Quantitative Measurement
of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs.

VIII. Emulsion Factors, Am. J. Roentgenol., 37,
529, 1937

HODGE, H. C., G. VAN HUYSEN and S. L. WARREN:

Factors Influencing the Quantitative Measurement
of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs.

IX. Tube-Machine Combination Factors. Am. J.
Roentgenol., 40, 108, 1938

HODGE, H. C., G. VAN HUYSEN and S. L. WARREN:

Factors Influencing the quantitative Measurement
of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs.

X. Tissue Factors, Am. J. Roentgenol., 40, 269, 1938

HODGE, H. C., G. VAN HUYSEN, R. B. WILSEY and S. L. WARREN:

Factors Influencing the Quantitative Measurement
of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs.

VI. Miscellaneous Film Factors, Am. J. Roentgenol.,
36, 531, 1936

HODGE, H. C. and S. L. WARREN:

Factors Influencing the Quantitative Measurement
of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs.

V. Theory of the Step Tablet. Am. J. Roentgenol.,
36, 391, 1936

HODGE, H. C., R. B. WILSEY, G. VAN HUYSEN and S. L. WARREN:

Factors Influencing the Quantitative Measurement
of the Roentgen-Ray Absorption of Tooth Slabs.

VII. Sensitometric Factors, Am. J. Roentgenol.,
37, 385, 1937

HOLLANDER, F. and SAPER, E.:

The Apparent Radiopaque Surface Layer of the Enamel
Dental Cosmos, 77, 1187, 1935

KRAMER, B. und F. F. TISDALL:

A Sample Technique of the Determination of Calcium
and Magnesium in Small amounts of Serum.

J. Biol. Chem., 47, 475, 1921

LENZ, H.:

Elektronenmikroskopische Untersuchungen am Zahn-
oberhäutchen, Habilitationsschrift, Institut für
Kariesforschung, Berlin 1970

LEICESTER, H.:

Biochemistry of the Teeth, Mosby Co, St. Louis

MANLY, R. C. and HODGE, H. C.:

Density and Refractive Index Studies of Dental Hard
Tissues. Method for Separation and Determination of
Parity. J. Dent. Res. 18, 133, 1939

MASSLER, M., I. SCHOUR and H. G. PONCHER:

Development pattern of the child as reflectet in
the Calcification pattern of the teeth. Am. J.
Diseases Children, 62, 33, 1941

MELLANBY, M.:

Diet and the teeth. 1. Med. Res. Council. Spee.
Report Series No. 140, London 1929

MELLANBY, M.:

Diet and the teeth. 3. Med. Res. Council. Spee.
Report Series No. 191, London, 1934

MELLANBY, M.:

The structure of human teeth. Brit. Dental J.
48, 737, 1927

PAULICK, J. und H. NEWSELY:

Zur Kenntnis der Apatite. N. Jahrbuch f. Mineral.,
Monatsheft, 224 - 235, 1968

PINCUS, P.:

The Pathogenesis of Dental Caries. Brit. dent. J.
26, 181, 1944

PROELL, F.:

Festschrift anlässlich der 25. Jahresfeier des
zahnärztlichen Institutes der Universität Greifswald
Verlag Hermann Meusser, Berlin 1926

RANKE, B., BRAMSTEDT, F. und R. NAUJOKS:

Untersuchungen mit markierten Verbindungen über den
Kohlenhydratabbau in der Plaque. In: Advance in
fluorine Research and dental Caries prevention.
Vol. 2, Hrsg. Hardwich, Dustin, Held, Pergamon Press,
Oxford, 1964

RUSHTON, A.:

On the fine contour lines of the enamel of milk
teeth. Dent. Rec. 53, 170 - 171, 1933

RUSHTON, A.:

The hirefrigence of deciduous tooth enamel formed
before and after birth. Brit. Dent. J. 67, 1, 1939

SCHOUR, J.:

The neonatal inie in the enamel and dentin of human
deciduous teeth and first permanent molar.
J. Am. dent. Ass. 23, 1946 1955, 1936

SIDNEY, SIEGEL

Nonparametric Statistics for the behavioral Sciences.
Mc Graw-Hill Book Company, INC. New York, S. 116 ff,
1956

THEWLIS, J.,

X-Ray Examination of Human Teeth, Brit. Dent. J.
57, 457, 1934

THEWLIS, J.:

X-Ray Analysis of Teeth, Brit. J. Radiol., 5, 353,
1932

THEWLIS, J.:

The Radiographic Examination of Dental Tissues in
Relation to their Histological Structure,
J. Physiol., 90, 403, 1937

THEWLIS, J.:

The Structure of Teeth as shown by X-Ray Examination
Med. Res. Council, London, p 236, 1940

THEWLIS, J.:

X-Ray Examination of Enamel, Proc. of the Royal
Soc. of Med., 33, 387, 1940

TOVERUD, K. U. und G. TOVERUD

Studies on the mineral metabolism.
Acta paediat. Suppl. 2, 1931

VAN HUYSEN, G., H. G. HODGE, S. L. WARREN and F. W. BISHOP:

Quantitative Röntgen-Ray Study of Certain Pathological
Changes in Dentin, Dental Cosmos, 75, 729, 1933

Herrn Professor Dr. H. LENZ möchte ich für die Überlassung des Themas sowie für die zahlreichen Denkanstöße, die er mir während der Durchführung der Arbeit gab, herzlich danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. H. NEWESLY für seine stete Hilfsbereitschaft und Anleitung im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit.

Herrn Professor Dr. A. WILLGALLIS danke ich, daß er mir in großzügiger Weise ermöglicht hat, die vorliegenden Untersuchungen an der Mikrosonde des Mineralogischen Institutes der Freien Universität Berlin durchzuführen.

Weiterhin Danke ich Frau H. ADAM, Frau D. BOCKHORST, Frau G. BÖLLING, Frau A.-D. KÄHLER, Frau E. SIEGMANN und den Herren B. DRINDER und G. MERZ für die unermüdliche Mitarbeit bei der technischen Durchführung der Untersuchungen.

Meinen besonderen Dank möchte ich Frau Dr. D. SCHULTZ und Frau R. BITTMANN für ihre großzügigen, persönlichen Unterstützungen aussprechen.

Lebenslauf:

23. 8. 1947	geboren in Diemelstadt-Rhoden Hessen
April 1954 - April 1958	Besuch der Volksschule, Rhoden
April 1958 - April 1964	Besuch der Realschule Arolsen
April 1964 - April 1965	Besuch der Elisabeth Knipping Schule Kassel
April 1965 - September 1965	Hauswirtschaftspraktikum auf der Jugendburg Sensenstein, Landkreis Kassel
Oktober 1965 - April 1966	Kolleg Besuch in Sutton Cold- field, England
April 1966 - Juli 1967	Besuch der Elisabeth Knipping Schule in Kassel
WS 1967/68 - SS 1969	Studium der Ernährungswissen- schaften an der Justus-Liebig Universität, Giessen
WS 1969/70 - SS 1970	Studium an der Graduate School of Nutrition, Cornell Universität Ithaca, New York, USA
WS 1970/71 - SS 1971	Studium der Ernährungswissen- schaften an der Justus-Liebig Universität, Giessen, Diplom- prüfung (Dipl. oec. troph.)
WS 1971/72 - SS 1973	Studium der Zahnmedizin an der Justus-Liebig Universität Giessen

WS 1973/74 - SS 1975	Studium der Zahnmedizin an der Freien Universität, Berlin
WS 1975/76	zahnärztliche Abschlußprüfung
WS 1975/76 - SS 1978	Studium der Lateinamerikanistik an der Freien Universität Berlin
April 1976 - August 1976	Assistenz Zahnärztin in Brasilien Barbacena - Kinderzahnheilkunde Juiz de Fora und Rio de Janeiro - Parodontologie
Juni 1976	Arbeit als Zahnärztin im Entwicklungshilfe-Programm der Brasilianischen Regierung (Projeto Rondon) in Tefé, Amazonas (Brasilien)
April 1977 - heute	wissenschaftliche Assistentin am Institut für Klinisch-Theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in der Abteilung für Werkstoffkunde der Freien Universität Berlin und Assistenz Zahnärztin in verschiedenen zahnärztlichen Praxen
Juni - August 1977	Forschungsaufenthalt in Tefé Amazonas, Brasilien
September 1977	Assistenz Zahnärztin am Instituto Argentino de Implantates e Injertos in Buenos Aires, Argentinien

